

POPULARNONAUKOWE STRESZCZENIE PROJEKTU

Jednym z głównych czynników, który umożliwia rozwój współczesnego świata, jest postępująca miniaturyzacja. To dzięki niej możliwości tabletów czy smartfonów dostępnych na rynku są porównywalne lub nawet wyższe niż komputerów stacjonarnych sprzed kilku lat. Natomiast badania nad układami wysokiej częstotliwości pozwoliły na bezprzewodowe przesyłanie nie tylko głosu i krótkich komunikatów tekstowych, ale też wideo czy danych z szybkością porównywalną dla Internetu przewodowego. Miniaturyzacja odcisnęła swoje piętno nie tylko na polu elektroniki. W latach dziewięćdziesiątych powstała koncepcja miniatury układów całościowej analizy chemicznej typu μ TAS (*Micro Total Analysis System*) oraz laboratoriów na chipie LoC (*Lab-on-Chip*). Celem tych urządzeń miałyby być prowadzenie różnych analiz chemicznych i biochemicznych w trybie ciągłym i w sposób zautomatyzowany. Objętość analizowanych próbek miałyby wynosić mikro- lub nanolitry. Pozwoliłyby to zmniejszenie czasu i kosztów pojedynczej analizy. Co więcej, wspomniana automatyzacja pozwoliłaby na obsługę takich urządzeń w sposób dużo prostszy i bez konieczności angażowania wykwalifikowanego personelu.

W typowym mikrosystemie analitycznym można wyróżnić kilka elementów (podzespołów) składowych: transport próbki, wstępne przygotowanie próbki i system detekcji. Transport próbki odbywa się z zastosowaniem mikrozasorów lub mikropomp, a wstępne przygotowanie w mikroreaktorach bądź mikromieszalnikach. Na samym końcu próbki są charakteryzowane w systemie detekcji, który może mierzyć sygnał świetlny (np. fluorescencję) bądź elektryczny (pomiar prądu, napięcia, rezystancji). Początkowo takie układy wykonywano z krzemu lub szkła. Wynikało to z faktu, że w wyniku prac nad mikrosystemami udało się opanować technologię pozwalającą na wytwarzanie urządzeń mikromechanicznych z bardzo dobrą dokładnością i powtarzalnością. Jakiś czas później do grona materiałów konstrukcyjnych μ TAS i LoC dołączyła Niskotemperaturowa Ceramika Współwypalana (z ang. *Low Temperature Co-fired Ceramics*).

Początki tej technologii sięgają lat osiemdziesiątych dwudziestego wieku. Została ona opracowana w celu zwiększenia gęstości połączeń w układach wysokiej skali integracji. W przeciwieństwie do układów wielowarstwowych wysokotemperaturowych, dzięki redukcji temperatury wypału z 1600 °C do mniej niż 900 °C możliwe stało się zastosowanie materiałów używanych dla klasycznych układów grubowarstwowych (np. past przewodzących na bazie srebra), o dużo lepszych parametrach niż takie materiały, jak wolfram czy molibden. Poza połączeniami elektrycznymi wewnątrz wielowarstwowego modułu ceramicznego MCM-C (z ang. *multichip module – ceramics*) można zintegrować również elementy bierne (rezystory, kondensatory, cewki). Z kolei elementy aktywne mogą być montowane na powierzchni modułu standardowymi metodami montażu elektronicznego. Dzięki łatwości obróbki surowej folii LTCC (tj. przed wypałem), możliwe jest wykonywanie struktur przestrzennych. Znane są też metody łączenia ceramiki LTCC z innymi materiałami stosowanymi w mikroelektronice (szkło, krzem, polimery). Do wszystkich tych zalet należy dodać również fakt, że ceramika zachowuje swoje właściwości w szerokim zakresie temperatur, oraz jest odporna na większość kwasów i zasad.

Nie tylko parametry mechaniczne stanowią mocną stronę materiałów LTCC. Głównym zastosowaniem systemów wytworzonych w tej technologii są układy do łączności bezprzewodowej (mikrofalowe). W tego typu układach, poza niezawodnością, ważną kwestią są straty energii w układzie. Wynikają one głównie z strat w przewodnikach oraz w dielektryku (podłożu). Wraz ze wzrostem częstotliwości dominować zaczyna ten drugi rodzaj. Literatura odnotowuje przykłady układów, które działały dla częstotliwości rzędu kilkudziesięciu gigaherców.

Promieniowanie mikrofalowe może znajdować zastosowania nie tylko w telekomunikacji. Jako pierwszy przekonał się o tym Percy Spencer w roku 1945. Kiedy pracował nad systemami radarowymi ku swojemu zdziwieniu zauważył, że rozpuścił mu się w kieszeni czekoladowy batonik. Dalsze eksperymenty wykazały, że przyczyną tego było właśnie działanie mikrofal, co zaowocowało powstaniem w roku 1947 pierwszej kuchenki mikrofalowej. Pierwszy patent dotyczący prowadzenia reakcji chemicznej w obecności mikrofal przyznano w roku 1968 firmie *Dow Chemical Company*, natomiast w literaturze naukowej pierwsze doniesienia wspomaganą mikrofalami syntezę związków chemicznych pochodzą z roku 1986. Od tego czasu powstały nie tylko liczne artykuły w uznanych periodykach naukowych, ale całe książki poświęcone zastosowaniu mikrofal w chemii, np. „*Microwave Heating as a Tool for Sustainable Chemistry*” pod redakcją Nicholasa Leadbeatera. Opisane są tam przykłady reakcji, gdzie grzanie mikrofalami pozwala na zwiększenie szybkości reakcji nawet kilkudziesięciokrotnie.

Celem badawczym, jaki sobie stawiamy, jest rozwój mikrosystemów mikrofluidycznych wykonanych w technologii LTCC, gdzie energia elektromagnetyczna w postaci mikrofal byłaby używana na etapie wstępnego przygotowania próbki oraz w systemie detekcji.